



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0071971
(43) 공개일자 2019년06월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 51/50 (2006.01) C07D 209/86 (2006.01)
H01L 27/32 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)
H01L 51/52 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01L 51/5024 (2013.01)
C07D 209/86 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0172941

(22) 출원일자 2017년12월15일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

엘지디스플레이 주식회사

서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)

(72) 발명자

최형중

경기도 파주시 월롱면 엘지로 245

홍대량

경기도 파주시 월롱면 엘지로 245

(74) 대리인

네이트특허법인

전체 청구항 수 : 총 21 항

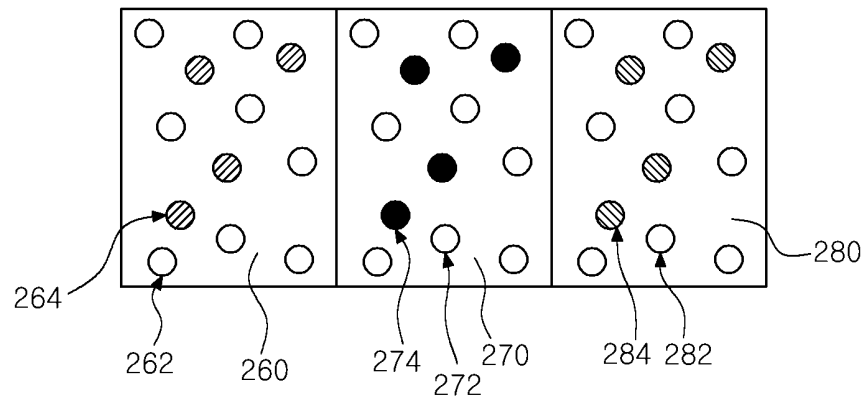
(54) 발명의 명칭 유기발광다이오드 및 이를 포함하는 유기발광 표시장치

(57) 요약

본 발명은, 제 1 내지 제 3 층을 포함하는 발광 물질층과; 상기 발광 물질층의 일측에 위치하는 양극과; 상기 발광 물질층의 타측에 위치하여 상기 양극과 마주하는 음극을 포함하며, 상기 제 1 층은 TADF 도펀트를 포함하고, 상기 제 2 층은 제 1 형광 도펀트를 포함하며, 상기 제 3 층은 TTA 도펀트를 포함하는 유기발광다이오드와 이를 포함하는 유기발광 표시장치를 제공한다.

대표도 - 도3

230



(52) CPC특허분류

H01L 27/322 (2013.01)

H01L 27/3262 (2013.01)

H01L 51/0072 (2013.01)

H01L 51/5048 (2013.01)

H01L 51/5203 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

제 1 내지 제 3 층을 포함하는 발광 물질층과;

상기 발광 물질층의 일측에 위치하는 양극과;

상기 발광 물질층의 타측에 위치하여 상기 양극과 마주하는 음극을 포함하며,

상기 제 1 층은 TADF 도펀트를 포함하고, 상기 제 2 층은 제 1 형광 도펀트를 포함하며, 상기 제 3 층은 TTA 도펀트를 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 양극에서 상기 발광 물질층으로의 정공 이동도는 상기 음극에서 상기 발광 물질층으로의 전자 이동도보다 작고,

상기 제 1 층은 상기 양극과 상기 제 2 층 사이에 위치하며, 상기 제 3 층은 상기 음극과 상기 제 2 층 사이에 위치하는 유기발광다이오드.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 양극에서 상기 발광 물질층으로의 정공 이동도는 상기 음극에서 상기 발광 물질층으로의 전자 이동도보다 크고,

상기 제 1 층은 상기 음극과 상기 제 2 층 사이에 위치하며, 상기 제 3 층은 상기 양극과 상기 제 2 층 사이에 위치하는 유기발광다이오드.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 내지 제 3 층은 각각 제 1 내지 제 3 호스트를 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제 1 호스트의 단일항 에너지는 상기 TADF 도펀트의 단일항 에너지보다 크고, 상기 제 1 호스트의 삼중항 에너지는 상기 TADF 도펀트의 삼중항 에너지보다 큰 유기발광다이오드.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 제 2 호스트의 단일항 에너지는 상기 제 1 형광 도펀트의 단일항 에너지보다 큰 유기발광다이오드.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 제 3 호스트의 단일항 에너지는 상기 TTA 도펀트의 단일항 에너지보다 크고, 상기 제 3 호스트의 삼중항 에너지는 상기 TTA 도펀트의 삼중항 에너지보다 큰 유기발광다이오드.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 TADF 도펀트의 단일항 에너지와 상기 TTA 도펀트의 단일항 에너지는 상기 제 1 형광 도펀트의 단일항 에너지보다 큰 유기발광다이오드.

청구항 9

제 4 항에 있어서,

상기 제 2 호스트에 대한 상기 형광 도펀트의 중량비가 상기 제 1 호스트에 대한 상기 TADF 도펀트의 중량비 및 상기 제 3 호스트에 대한 상기 TTA 도펀트의 중량비보다 작은 유기발광다이오드.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 층 사이에 위치하는 제 1 에너지 조절층과;

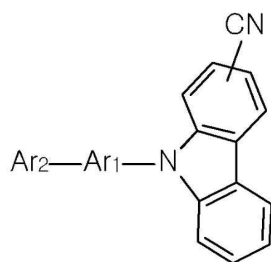
상기 제 2 및 제 3 층 사이에 위치하는 제 2 에너지 조절층을 더 포함하고,

상기 제 1 에너지 조절층의 삼중항 에너지는 상기 TADF 도펀트의 삼중항 에너지보다 크며, 상기 제 2 에너지 조절층의 삼중항 에너지는 상기 TTA 도펀트의 삼중항 에너지보다 큰 유기발광다이오드.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 에너지 조절층 각각은 하기 화학식으로 표시되는 물질을 포함하고, 하기 화학식에서 Ar₁은 C₆-C₃₀의 아릴 또는 헤테로아릴일 수 있고, Ar₂는 카바졸(carbazole) 또는 바이카바졸(bicarbazole)인 유기발광다이오드.



청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 내지 제 3 층은 순차 적층되고,

상기 발광 물질층은, 제 2 형광 도펀트를 포함하며 상기 제 1 층 또는 상기 제 3 층 중 어느 하나에 인접하여 위치하는 제 4 층을 더 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 형광 도펀트는 서로 다른 발광 파장을 갖는 유기발광다이오드.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 발광 물질층은, 제 3 형광 도펀트를 포함하며 상기 제 1 층 또는 상기 제 3 층 중 다른 하나에 인접하여 위치하는 제 5 층을 더 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 제 1 내지 제 3 형광 도펀트는 서로 다른 발광 파장을 갖는 유기발광다이오드.

청구항 16

기관과;

상기 기관 상에 위치하는 박막트랜지스터와;

상기 박막트랜지스터에 연결되는 제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 하나의 유기발광다이오드를 포함하는 유기발광 표시장치.

청구항 17

기관과;

상기 기관 상에 위치하는 박막트랜지스터와;

상기 박막트랜지스터에 연결되고, TADF 도펀트를 포함하는 제 1 층, 제 1 형광 도펀트를 포함하는 제 2 층, TTA 도펀트를 포함하는 제 3 층, 제 2 형광 도펀트를 포함하는 제 4 층을 포함하는 발광 물질층과, 상기 발광 물질층의 일측에 위치하는 양극과, 상기 발광 물질층의 타측에 위치하여 상기 양극과 마주하는 음극을 포함하는 유기발광다이오드를 포함하고,

상기 제 1 내지 제 3 층은 순차 적층되고, 상기 제 4 층은 상기 제 1 층 또는 상기 제 3 층 중 어느 하나에 인접하여 위치하는 유기발광 표시장치.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 형광 도펀트는 서로 다른 발광 파장을 갖는 유기발광 표시장치.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 발광 물질층은, 제 3 형광 도펀트를 포함하며 상기 제 1 층 또는 상기 제 3 층 중 다른 하나에 인접하여 위치하는 제 5 층을 더 포함하는 유기발광 표시장치.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 제 1 내지 제 3 형광 도펀트는 서로 다른 발광 파장을 갖는 유기발광 표시장치.

청구항 21

제 18항 또는 제 20 항에 있어서,

상기 기판과 상기 유기발광다이오드 사이에 위치하거나 상기 유기발광다이오드를 덮는 컬러필터를 더 포함하는 유기발광 표시장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기발광다이오드에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 높은 양자 효율(발광 효율)과 고 색순도를 갖는 유기발광다이오드 및 이를 포함하는 유기발광 표시장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근 표시장치의 대형화에 따라 공간 점유가 적은 평면표시소자의 요구가 증대되고 있는데, 이러한 평면표시소자 중 하나로서 유기발광다이오드(organic light emitting diode: OLED)를 포함하는 유기발광표시장치의 기술이 빠른 속도로 발전하고 있다.

[0004] 유기발광다이오드는 전자 주입 전극(음극)과 정공 주입 전극(양극) 사이에 형성된 발광물질층에 음극과 양극으로부터 전자와 정공이 주입되면 전자와 정공이 쌍을 이룬 후 소멸하면서 빛을 내는 소자이다.

[0005] 유기발광다이오드는 플라스틱 같은 휘 수 있는(flexible) 투명 기판 위에 형성될 수 있을 뿐 아니라, 낮은 전압에서 (10V이하) 구동이 가능하고, 또한 전력 소모가 비교적 적으며, 색감이 뛰어나다는 장점이 있다.

[0006] 유기발광다이오드는, 기판 상부에 형성되며 제 1 전극, 상기 제 1 전극과 이격하며 마주하는 제 2 전극, 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 위치하는 유기발광층을 포함한다. 예를 들어, 제 1 전극은 양극이고 제 2 전극은 음극일 수 있다.

[0007] 발광효율을 향상시키기 위하여, 상기 유기발광층은 상기 제 1 전극에 순차 적층되는 정공주입층(hole injection layer, HIL), 정공수송층(hole transporting layer, HTL), 발광물질층(emitting material layer, EML), 전자수송층(electron transporting layer, ETL), 전자주입층(electron injection layer, EIL)을 포함할 수 있다.

[0008] 양극인 제 1 전극으로부터 정공이 정공주입층, 정공수송층을 통해 발광물질층으로 이동되고, 음극인 제 2 전극으로부터 전자가 전자주입층, 전자수송층을 통해 발광물질층으로 이동된다.

- [0009] 상기 발광물질층으로 이동된 정공과 전자는 결합하여 엑시톤(exciton)을 형성하며 불안정한 에너지 상태로 여기되었다가 안정한 에너지 상태로 돌아오며 빛을 방출하게 된다.
- [0011] 발광물질은 대표적이 예가 형광 물질이다. 그런데, 형광물질에서는 단일항 여기자만이 발광에 참여하고 삼중항 여기자는 발광에 참여하지 못한다. 따라서, 형광물질의 발광물질층을 포함하는 유기발광다이오드는 낮은 양자 효율을 갖게 된다.
- [0012] 형광물질의 낮은 발광 효율 문제를 극복하기 위해, 지연형광물질이 연구되고 있다. 이러한 지연형광물질은 triplet-triplet annihilation(TTA) 물질과 thermally activated delayed fluorescent(TADF) 물질로 나뉠 수 있다. 지연형광물질은 삼중항 여기자를 발광에 이용하기 때문에, 형광물질보다 높은 발광 효율을 갖는다.
- [0013] 그러나, 지연형광물질 역시 유기발광다이오드의 발광체로 사용되기에는 여전히 발광효율에 한계가 있고 낮은 색순도의 문제점을 갖고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명은 종래 발광물질에서의 낮은 발광 효율과 색순도 문제를 해결하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0016] 위와 같은 과제의 해결을 위해, 본 발명은, 제 1 내지 제 3 층을 포함하는 발광 물질층과; 상기 발광 물질층의 일측에 위치하는 양극과; 상기 발광 물질층의 타측에 위치하여 상기 양극과 마주하는 음극을 포함하며, 상기 제 1 층은 TADF 도펀트를 포함하고, 상기 제 2 층은 제 1 형광 도펀트를 포함하며, 상기 제 3 층은 TTA 도펀트를 포함하는 유기발광다이오드를 제공한다.
- [0017] 또한, 본 발명은, 기판과; 상기 기판 상에 위치하는 박막트랜지스터와; 상기 박막트랜지스터에 연결되는 전술한 유기발광다이오드를 포함하는 유기발광 표시장치를 제공한다.
- [0018] 또한, 본 발명은, 기판과; 상기 기판 상에 위치하는 박막트랜지스터와; 상기 박막트랜지스터에 연결되고, TADF 도펀트를 포함하는 제 1 층, 제 1 형광 도펀트를 포함하는 제 2 층, TTA 도펀트를 포함하는 제 3 층, 제 2 형광 도펀트를 포함하는 제 4 층을 포함하는 발광 물질층과, 상기 발광 물질층의 일측에 위치하는 양극과, 상기 발광 물질층의 타측에 위치하여 상기 양극과 마주하는 음극을 포함하는 유기발광다이오드를 포함하고, 상기 제 1 내지 제 3 층은 순차 적층되고, 상기 제 4 층은 상기 제 1 층 또는 상기 제 3 층 중 어느 하나에 인접하여 위치하는 유기발광 표시장치를 제공한다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명의 유기발광다이오드 및 유기발광 표시장치에서는, 발광 물질층이 TADF 도펀트를 포함하는 제 1 층과, 형광 도펀트를 포함하는 제 2 층과, TTA 도펀트를 포함하는 제 3 층을 포함함으로써, 제 1 및 제 2 층에서 높은 효율로 생성된 엑시톤이 형광 도펀트로 전달되어 발광된다.
- [0021] 따라서, 유기발광다이오드 및 유기발광 표시장치의 발광 효율과 색순도가 향상된다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 유기발광 표시장치의 개략적인 단면도이다.
- 도 2는 유기발광다이오드의 개략적인 단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기발광다이오드에서 발광 물질층의 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 유기발광다이오드에서의 발광 메커니즘을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 TTA 소자와 TADF 소자를 포함하는 유기발광다이오드에서 전류 밀도에 따른 외부양자효율을 보여주는 그래프이다.

도 6은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유기발광다이오드의 개략적인 단면도이다.

도 7은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 유기발광다이오드의 개략적인 단면도이다.

도 8은 유기발광다이오드의 전류밀도에 따른 외부양자효율을 보여주는 그래프이다.

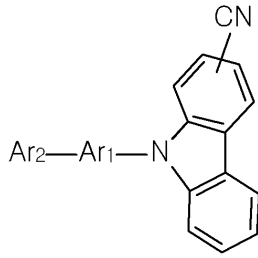
도 9는 유기발광다이오드의 발광스펙트럼을 보여주는 그래프이다.

도 10은 본 발명의 제 4 실시예에 따른 유기발광다이오드의 발광 물질층 구조를 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

도 11은 본 발명의 제 5 실시예에 따른 유기발광다이오드의 발광 물질층 구조를 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 발명은, 제 1 내지 제 3 층을 포함하는 발광 물질층과; 상기 발광 물질층의 일측에 위치하는 양극과; 상기 발광 물질층의 타측에 위치하여 상기 양극과 마주하는 음극을 포함하며, 상기 제 1 층은 TADF 도펀트를 포함하고, 상기 제 2 층은 제 1 형광 도펀트를 포함하며, 상기 제 3 층은 TTA 도펀트를 포함하는 유기발광다이오드를 제공한다.
- [0025] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 양극에서 상기 발광 물질층으로의 정공 이동도는 상기 음극에서 상기 발광 물질층으로의 전자 이동도보다 작고, 상기 제 1 층은 상기 양극과 상기 제 2 층 사이에 위치하며, 상기 제 3 층은 상기 음극과 상기 제 2 층 사이에 위치한다.
- [0026] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 양극에서 상기 발광 물질층으로의 정공 이동도는 상기 음극에서 상기 발광 물질층으로의 전자 이동도보다 크고, 상기 제 1 층은 상기 음극과 상기 제 2 층 사이에 위치하며, 상기 제 3 층은 상기 양극과 상기 제 2 층 사이에 위치한다.
- [0027] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 제 1 내지 제 3 층은 각각 제 1 내지 제 3 호스트를 포함한다.
- [0028] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 제 1 호스트의 단일항 에너지는 상기 TADF 도펀트의 단일항 에너지보다 크고, 상기 제 1 호스트의 삼중항 에너지는 상기 TADF 도펀트의 삼중항 에너지보다 크다.
- [0029] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 제 2 호스트의 단일항 에너지는 상기 제 1 형광 도펀트의 단일항 에너지보다 크다.
- [0030] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 제 3 호스트의 단일항 에너지는 상기 TTA 도펀트의 단일항 에너지보다 크고, 상기 제 3 호스트의 삼중항 에너지는 상기 TTA 도펀트의 삼중항 에너지보다 크다.
- [0031] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 TADF 도펀트의 단일항 에너지와 상기 TTA 도펀트의 단일항 에너지는 상기 제 1 형광 도펀트의 단일항 에너지보다 크다.
- [0032] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 제 2 호스트에 대한 상기 형광 도펀트의 중량비가 상기 제 1 호스트에 대한 상기 TADF 도펀트의 중량비 및 상기 제 3 호스트에 대한 상기 TTA 도펀트의 중량비보다 작다.
- [0033] 본 발명의 유기발광다이오드는, 상기 제 1 및 제 2 층 사이에 위치하는 제 1 에너지 조절층과; 상기 제 2 및 제 3 층 사이에 위치하는 제 2 에너지 조절층을 더 포함하고, 상기 제 1 에너지 조절층의 삼중항 에너지는 상기 TADF 도펀트의 삼중항 에너지보다 크며, 상기 제 2 에너지 조절층의 삼중항 에너지는 상기 TTA 도펀트의 삼중항 에너지보다 크다.
- [0034] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 에너지 조절층 각각은 하기 화학식으로 표시되는 물질을 포함하고, 하기 화학식에서 Ar₁은 C6~C30의 아릴 또는 헤테로아릴일 수 있고, Ar₂는 카바졸(carbazole) 또는 바이카바졸(bicarbazole)이다.



[0035]

[0036] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 제 1 내지 제 3 층은 순차 적층되고, 상기 발광 물질층은, 제 2 형광 도펀트를 포함하며 상기 제 1 층 또는 상기 제 3 층 중 어느 하나에 인접하여 위치하는 제 4 층을 더 포함한다.

[0037] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 형광 도펀트는 서로 다른 발광 파장을 갖는다.

[0038] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 발광 물질층은, 제 3 형광 도펀트를 포함하며 상기 제 1 층 또는 상기 제 3 층 중 다른 하나에 인접하여 위치하는 제 5 층을 더 포함한다.

[0039] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 제 1 내지 제 3 형광 도펀트는 서로 다른 발광 파장을 갖는다.

[0040] 다른 관점에서, 본 발명은, 기판과; 상기 기판 상에 위치하는 박막트랜지스터와; 상기 박막트랜지스터에 연결되는 전술한 유기발광다이오드를 포함하는 유기발광 표시장치를 제공한다.

[0041] 또 다른 관점에서, 본 발명은, 기판과; 상기 기판 상에 위치하는 박막트랜지스터와; 상기 박막트랜지스터에 연결되고, TADF 도펀트를 포함하는 제 1 층, 제 1 형광 도펀트를 포함하는 제 2 층, TTA 도펀트를 포함하는 제 3 층, 제 2 형광 도펀트를 포함하는 제 4 층을 포함하는 발광 물질층과, 상기 발광 물질층의 일측에 위치하는 양극과, 상기 발광 물질층의 타측에 위치하여 상기 양극과 마주하는 음극을 포함하는 유기발광다이오드를 포함하고, 상기 제 1 내지 제 3 층은 순차 적층되고, 상기 제 4 층은 상기 제 1 층 또는 상기 제 3 층 중 어느 하나에 인접하여 위치하는 유기발광 표시장치를 제공한다.

[0042] 본 발명의 유기발광 표시장치에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 형광 도펀트는 서로 다른 발광 파장을 갖는다.

[0043] 본 발명의 유기발광 표시장치에 있어서, 상기 발광 물질층은, 제 3 형광 도펀트를 포함하며 상기 제 1 층 또는 상기 제 3 층 중 다른 하나에 인접하여 위치하는 제 5 층을 더 포함한다.

[0044] 본 발명의 유기발광 표시장치에 있어서, 상기 제 1 내지 제 3 형광 도펀트는 서로 다른 발광 파장을 갖는다.

[0045] 본 발명의 유기발광 표시장치에 있어서, 상기 기판과 상기 유기발광다이오드 사이에 위치하거나 상기 유기발광다이오드를 덮는 컬러필터를 더 포함한다.

[0047] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 도면을 참조하여 설명한다.

[0048] 도 1은 본 발명의 유기발광 표시장치의 개략적인 단면도이다.

[0049] 도 1에 도시된 바와 같이, 유기발광 표시장치(100)는 기판(110) 상에 위치하는 박막트랜지스터(Tr)와 박막트랜지스터(Tr)에 연결되는 유기발광다이오드(D)를 포함한다.

[0050] 기판(110)은 유리기판 또는 플라스틱 기판일 수 있다. 예를 들어, 기판(110)은 폴리이미드로 이루어질 수 있다.

[0051] 기판(110) 상에는 버퍼층(120)이 형성되고, 버퍼층(120) 상에 박막트랜지스터(Tr)가 형성된다. 버퍼층(120)은 생략될 수 있다.

[0052] 버퍼층(120) 상에는 반도체층(122)이 형성된다. 반도체층(122)은 산화물 반도체 물질로 이루어지거나 다결정 실리콘으로 이루어질 수 있다.

[0053] 반도체층(122)이 산화물 반도체 물질로 이루어질 경우, 반도체층(122) 하부에는 차광패턴(도시하지 않음)이 형성될 수 있으며, 차광패턴은 반도체층(122)으로 빛이 입사되는 것을 방지하여 반도체층(122)이 빛에 의해 열화되는 것을 방지한다. 이와 달리, 반도체층(122)은 다결정 실리콘으로 이루어질 수도 있으며, 이 경우 반도체층

(122)의 양 가장자리에 불순물이 도핑되어 있을 수 있다.

- [0054] 반도체층(122) 상부에는 절연물질로 이루어진 게이트 절연막(124)이 형성된다. 게이트 절연막(124)은 산화 실리콘 또는 질화 실리콘과 같은 무기절연물질로 이루어질 수 있다.
- [0055] 게이트 절연막(124) 상부에는 금속과 같은 도전성 물질로 이루어진 게이트 전극(130)이 반도체층(122)의 중앙에 대응하여 형성된다.
- [0056] 도 1에서는, 게이트 절연막(124)이 기판(110) 전면에서 형성되어 있으나, 게이트 절연막(124)은 게이트 전극(130)과 동일한 모양으로 패터닝될 수도 있다.
- [0057] 게이트 전극(130) 상부에는 절연물질로 이루어진 층간 절연막(132)이 형성된다. 층간 절연막(132)은 산화 실리콘이나 질화 실리콘과 같은 무기 절연물질로 형성되거나, 벤조사이클로부텐(benzocyclobutene)이나 포토 아크릴(photo-acryl)과 같은 유기 절연물질로 형성될 수 있다.
- [0058] 층간 절연막(132)은 반도체층(122)의 양측을 노출하는 제 1 및 제 2 콘택홀(134, 136)을 갖는다. 제 1 및 제 2 콘택홀(134, 136)은 게이트 전극(130)의 양측에 게이트 전극(130)과 이격되어 위치한다.
- [0059] 여기서, 제 1 및 제 2 콘택홀(134, 136)은 게이트 절연막(124) 내에도 형성된다. 이와 달리, 게이트 절연막(124)이 게이트 전극(130)과 동일한 모양으로 패터닝될 경우, 제 1 및 제 2 콘택홀(134, 136)은 층간 절연막(132) 내에만 형성될 수도 있다.
- [0060] 층간 절연막(132) 상에는 금속과 같은 도전성 물질로 이루어지는 소스 전극(140)과 드레인 전극(142)이 형성된다.
- [0061] 소스 전극(140)과 드레인 전극(142)은 게이트 전극(130)을 중심으로 이격되어 위치하며, 각각 제 1 및 제 2 콘택홀(134, 136)을 통해 반도체층(122)의 양측과 접촉한다.
- [0062] 반도체층(122)과, 게이트전극(130), 소스 전극(140), 드레인전극(142)은 박막트랜지스터(Tr)를 이루며, 박막트랜지스터(Tr)는 구동 소자(driving element)로 기능한다.
- [0063] 박막트랜지스터(Tr)는 반도체층(120)의 상부에 게이트 전극(130), 소스 전극(142) 및 드레인 전극(144)이 위치하는 코플라나(coplanar) 구조를 가진다.
- [0064] 이와 달리, 박막트랜지스터(Tr)는 반도체층의 하부에 게이트 전극이 위치하고 반도체층의 상부에 소스 전극과 드레인 전극이 위치하는 역 스테거드(inverted staggered) 구조를 가질 수 있다. 이 경우, 반도체층은 비정질 실리콘으로 이루어질 수 있다.
- [0065] 도시하지 않았으나, 게이트 배선과 데이터 배선이 서로 교차하여 화소영역을 정의하며, 게이트 배선과 데이터 배선에 연결되는 스위칭 소자가 더 형성된다. 스위칭 소자는 구동 소자인 박막트랜지스터(Tr)에 연결된다.
- [0066] 또한, 파워 배선이 게이트 배선 또는 데이터 배선과 평행하게 이격되어 형성되며, 일 프레임(frame) 동안 구동 소자인 박막트랜지스터(Tr)의 게이트전극의 전압을 일정하게 유지되도록 하기 위한 스토리지 캐패시터가 더 구성될 수 있다.
- [0067] 박막트랜지스터(Tr)의 드레인 전극(142)을 노출하는 드레인 콘택홀(152)을 갖는 보호층(150)이 박막트랜지스터(Tr)를 덮으며 형성된다.
- [0068] 보호층(150) 상에는 드레인 콘택홀(152)을 통해 박막트랜지스터(Tr)의 드레인 전극(142)에 연결되는 제 1 전극(160)이 각 화소 영역 별로 분리되어 형성된다. 제 1 전극(160)은 애노드(anode)일 수 있으며, 일함수 값이 비교적 큰 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 제 1 전극(160)은 인듐-탄-옥사이드(indium-tin-oxide, ITO) 또는 인듐-징크-옥사이드(indium-zinc-oxide, IZO)와 같은 투명 도전성 물질로 이루어질 수 있다.
- [0069] 한편, 본 발명의 표시패널(110)이 상부 발광 방식(top-emission type)인 경우, 제 1 전극(160) 하부에는 반사전극 또는 반사층이 더욱 형성될 수 있다. 예를 들어, 반사전극 또는 반사층은 알루미늄-팔라듐-구리(aluminum-palladium-copper: APC) 합금으로 이루어질 수 있다.
- [0070] 또한, 보호층(150) 상에는 제 1 전극(160)의 가장자리를 덮는 बैं크층(166)이 형성된다. बैं크층(166)은 화소영역에 대응하여 제 1 전극(160)의 중앙을 노출한다.
- [0071] 제 1 전극(160) 상에는 유기 발광층(162)이 형성된다. 유기 발광층(162)은 발광물질로 이루어지는 발광물질층

(emitting material layer)을 포함한다.

- [0072] 유기 발광층(162)이 형성된 기판(110) 상부로 제 2 전극(164)이 형성된다. 제 2 전극(164)은 표시영역의 전면에 위치하며 일함수 값이 비교적 작은 도전성 물질로 이루어져 캐소드(cathode)로 이용될 수 있다. 예를 들어, 제 2 전극(164)은 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 알루미늄-마그네슘 합금(AlMg) 중 어느 하나로 이루어질 수 있다.
- [0073] 제 1 전극(160), 유기발광층(162) 및 제 2 전극(164)은 유기발광다이오드(D)를 이룬다.
- [0074] 제 2 전극(164) 상에는, 외부 수분이 유기발광다이오드(D)로 침투하는 것을 방지하기 위해, 인캡슐레이션 필름(encapsulation film, 170)이 형성된다. 인캡슐레이션 필름(170)은 제 1 무기 절연층(172)과, 유기 절연층(174)과 제 2 무기 절연층(174)의 적층 구조를 가질 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0075] 또한, 인캡슐레이션 필름(170) 상에는 외부광 반사를 줄이기 위한 편광판(미도시)이 부착될 수 있다. 예를 들어, 편광판은 원형 편광판일 수 있다.
- [0077] 도 2는 유기발광다이오드의 개략적인 단면도이다.
- [0078] 도 2에 도시된 바와 같이, 유기발광다이오드(D)는, 서로 마주하는 제 1 및 제 2 전극(160, 164)과 제 1 및 제 2 전극(162, 164) 사이에 위치하는 유기 발광층(162)을 포함하며, 유기 발광층(162)은 발광 물질층(230)을 포함한다.
- [0079] 또한, 유기 발광층(162)은 제 1 전극(160)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 정공 수송층(hole transporting layer (HTL), 210), 정공 수송층(210)과 발광 물질층(emitting material layer (EML), 230) 사이에 위치하는 전자 차단층(electron blocking layer (EBL), 220), 제 2 전극(164)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 전자 수송층(electron transporting layer (ETL), 250), 전자 수송층(250)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 정공 차단층(hole blocking layer (HBL), 240)을 더 포함할 수 있다.
- [0080] 정공 수송층(210)은 제 1 전극(160)으로부터의 정공을 발광 물질층(230)으로 전달하고, 전자 수송층(250)은 제 2 전극(164)으로부터의 전자를 발광 물질층(230)으로 전달한다. 발광 물질층(230)은 호스트와 도펀트를 포함하며, 제 1 전극(160) 및 제 2 전극(164)으로부터의 정공과 전자를 이용하여 빛을 발광한다.
- [0081] 전자 차단층(220)은 발광 물질층(230)으로 전달된 전자가 제 1 전극(160) 측으로 누설되는 것을 차단하고, 정공 차단층(240)은 발광 물질층(230)으로 전달된 정공이 제 2 전극(164) 측으로 누설되는 것을 차단한다.
- [0082] 도시하지 않았으나, 유기 발광층(162)은 제 1 전극(160)과 정공 수송층(210) 사이에 위치하는 정공 주입층(hole injection layer (HIL))과 제 2 전극(164)과 전자 수송층(250) 사이에 위치하는 전자 주입층(electron injection layer (EIL))을 더 포함할 수 있다.
- [0083] 한편, 전자 차단층(220), 정공 차단층(240), 정공 주입층 및 전자 주입층 중 적어도 어느 하나는 생략될 수 있다.
- [0085] 도 3은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기발광다이오드에서 발광 물질층의 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- [0086] 도 3에 도시된 바와 같이, 유기발광다이오드(도 2의 D)의 유기 발광층(도 2의 162)은 발광 물질층(230)을 포함하며, 발광 물질층(230)은 제 1 호스트(262)와 TADF 도펀트(264)를 포함하는 제 1 층(260)과, 제 2 호스트(272)와 형광 도펀트(274)를 포함하는 제 2 층(270)과, 제 3 호스트(282)와 TTA 도펀트(284)를 포함하는 제 3 층(280)을 포함한다.
- [0087] 즉, 발광 물질층(230)은 제 1 내지 제 3 층(260, 270, 280)의 삼중층 구조를 갖는다.
- [0088] 제 1 내지 제 3 호스트(262, 272, 282)는 서로 같거나 상이할 수 있다. 제1 내지 제 3 층(160, 270, 280) 각각에 있어서, TADF 도펀트(264), 형광 도펀트(274), TTA 도펀트(284)는 제 1 내지 제 3 호스트(262, 272, 282)보다 작은 중량비를 갖는다.
- [0089] TADF 도펀트(264)를 포함하는 제 1 층(260)에서는, 삼중항 에너지가 단일항 에너지로 직접 전달되며, TTA 도펀트(284)를 포함하는 제 3 층(280)에서는, 두 개의 삼중항 상태의 여기자가 충돌하여 단일항 상태의 여기자를 생성한다.

- [0090] 제 1 층(260)에 있어서, 제 1 호스트(262)의 단일항 에너지($E_{S1}(H1)$)는 TADF 도펀트(264)의 단일항 에너지($E_{S1}(TADF)$)보다 크고, 제 1 호스트(262)의 삼중항 에너지($E_{T1}(H1)$)는 TADF 도펀트(264)의 삼중항 에너지($E_{T1}(TADF)$)보다 크다. ($E_{S1}(H1) > E_{S1}(TADF)$, $E_{T1}(H1) > E_{T1}(TADF)$)
- [0091] 이와 같은 조건이 만족되지 않는 경우, TADF 메커니즘이 구현되지 않기 때문에, 제 1 층(260)에서 제 2 층(270)으로의 에너지 전달이 일어나지 않는다.
- [0092] 또한, 제 1 층(260)에 있어서, TADF 도펀트(264)의 단일항 에너지($E_{S1}(TADF)$)와 삼중항 에너지($E_{T1}(TADF)$) 차이($\Delta E_{ST}(TADF)$)는 0.3eV보다 작다. ($\Delta E_{ST}(TADF) < 0.3\text{eV}$) 이때, TADF 도펀트(264)의 단일항 에너지($E_{S1}(TADF)$)는 삼중항 에너지($E_{T1}(TADF)$)보다 크다.
- [0093] 제 2 층(270)에 있어서, 제 2 호스트(272)의 단일항 에너지($E_{S1}(H2)$)는 형광 도펀트(274)의 단일항 에너지($E_{S1}(F)$)보다 크다. ($E_{S1}(H2) > E_{S1}(F)$)
- [0094] 이와 같은 조건이 만족되지 않는 경우, 형광 도펀트(274)로 에너지가 전달 되지 않아, 제 2 층(270)에서의 발광이 일어나지 않는다.
- [0095] 제 3 층(280)에 있어서, 제 3 호스트(282)의 단일항 에너지($E_{S1}(H3)$)는 TTA 도펀트(284)의 단일항 에너지($E_{S1}(TTA)$)보다 크고, 제 3 호스트(282)의 삼중항 에너지($E_{T1}(H3)$)는 TTA 도펀트(284)의 삼중항 에너지($E_{T1}(TTA)$)보다 크다. ($E_{S1}(H3) > E_{S1}(TTA)$, $E_{T1}(H3) > E_{T1}(TTA)$)
- [0096] 이와 같은 조건이 만족되지 않는 경우, TTA 메커니즘이 구현되지 않기 때문에, 제 3 층(280)에서 제 2 층(270)으로의 에너지 전달이 일어나지 않는다.
- [0097] 또한, 제 3 층(280)에 있어서, TTA 도펀트(284)의 단일항 에너지($E_{S1}(TTA)$)와 삼중항 에너지($E_{T1}(TTA)$) 차이($\Delta E_{ST}(TTA)$)는 그 단일항 에너지($E_{S1}(TTA)$)의 반보다 작다. ($\Delta E_{ST}(TTA) < 0.5 * E_{S1}(TTA)$) 이때, TTA 도펀트(284)의 단일항 에너지($E_{S1}(TTA)$)는 삼중항 에너지($E_{T1}(TTA)$)보다 크다.
- [0098] 또한, 제 1 내지 제 3 층(1260, 270, 280)에 있어서, TADF 도펀트(264)의 단일항 에너지($E_{S1}(TADF)$)와 TTA 도펀트(284)의 단일항 에너지($E_{S1}(TTA)$)는 형광 도펀트(274)의 단일항 에너지($E_{S1}(F)$)보다 크다. ($E_{S1}(TADF) > E_{S1}(F)$, $E_{S1}(TTA) > E_{S1}(F)$)
- [0099] TADF 도펀트(264)와 TTA 도펀트(284)의 단일항 에너지가 형광 dopant 보다 삼중항 에너지가 작으면,
- [0100] TADF 도펀트(264)의 단일항 여기자와 TTA 도펀트(284)의 단일항 여기자에서 형광 도펀트의 단일항 여기자로의 에너지 전달(FRET)이 일어나지 않는다.
- [0101] 즉, 본 발명의 유기발광다이오드(D)에 있어서, 발광 물질층(230)은, 형광 도펀트(274)를 포함하는 제 2 층(270)과, 제 2 층(270)의 양 측에 위치하며 TADF 도펀트(264)와 TTA 도펀트(284)를 포함하는 제 1 및 제 3 층(260, 280)을 포함하며, 이에 따라 발광 효율이 증가하고 색순도가 향상된다.
- [0102] 유기발광다이오드에서의 발광 메커니즘을 설명하기 위한 도면인 도 4를 참조하면, 제 1 층(260)의 호스트(262)에서 생성된 단일항 여기자와 삼중항 여기자는 TADF 도펀트(264)의 단일항 여기자와 삼중항 여기자로 전달되고, TADF 도펀트(264)의 삼중항 여기자는 역계간전이(reverse intersystem crossing, RISC) 효과에 의해 TADF 도펀트(264)의 단일항 여기자로 전환된다.
- [0103] 이후, TADF 도펀트(264)의 삼중항 여기자는 장거리 에너지 전달(Foster Resonance Energy Transfer, FRET) 효과에 의해 제 2 층(270) 내 형광 도펀트(274)의 단일항 여기자로 전달되고 형광 도펀트(274)에서 발광이 일어난다.
- [0104] 형광 도펀트(274)는 단일항 여기자만이 발광에 참여하기 때문에 TADF 도펀트(264)에 비해 양자 효율이 낮은 반면 TADF 도펀트(264)보다 좁은 반치폭을 갖는다. 따라서, 높은 효율로 생성된 TADF 도펀트(264)의 단일항 여기자가 형광 도펀트(274)의 단일항 여기자로 전달되어 형광 도펀트(274)에서 발광이 일어나는 유기발광다이오드(D)는 좁은 반치폭의 빛을 발하며 높은 색순도를 갖는다.

- [0105] 또한, 제 3 층(280)의 호스트(282)에서 생성된 단일항 여기자와 삼중항 여기자는 TTA 도펀트(284)의 단일항 여기자와 삼중항 여기자로 전달되고, TTA 도펀트(284)의 삼중항 여기자는 역계간전이(RISC) 효과에 의해 TTA 도펀트(284)의 단일항 여기자로 전환된다.
- [0106] 이후, TTA 도펀트(284)의 삼중항 여기자는 장거리 에너지 전달(FRET) 효과에 의해 제 2 층(270) 내 형광 도펀트(274)의 단일항 여기자로 전달되고 형광 도펀트(274)에서 발광이 일어난다.
- [0107] 이 경우에도, TTA 도펀트(284)의 높은 양자 효율과 형광 도펀트의 좁은 반치폭 특성이 이용되므로, 유기발광다이오드(D)의 발광 효율이 증가하고 색순도가 향상된다.
- [0108] 이와 같이, 제 1 층(260)과 제 3 층(280) 각각은 여기자를 생성하는 역할을 하고, 실제 발광은 제 2 층(270)에서 일어난다. 즉, 본 발명의 유기발광다이오드(D)에서는 높은 여기자 생성 효율을 갖는 제 1 및 제 3 층(260, 280)과 좁은 반치폭을 갖는 제 2 층(270)이 이용됨으로써, 유기발광다이오드(D)의 발광 효율이 증가하고 색순도가 향상된다.
- [0109] 한편, 호스트와, TADF 도펀트, 형광 도펀트, TTA 도펀트가 하나의 층으로 형성되는 경우, TADF 도펀트의 삼중항 여기자와 TTA 도펀트의 삼중항 여기자가 형광 도펀트의 삼중항 여기자로 전달되는 근거리 에너지 전달(Dexter Resonance Energy Transfer, DRET) 현상이 발생하고, 형광 도펀트의 삼중항 여기자는 발광에 참여하지 못하므로 유기발광다이오드의 발광효율이 저하된다.
- [0110] 그러나, 본 발명의 유기발광다이오드(D)에서는, 발광 물질층(230)이 제 1 호스트(262)와 TADF 도펀트(264)를 포함하는 제 1 층(260), 제 2 호스트(272)와 형광 도펀트(274)를 포함하는 제 2 층(270), 제 3 호스트(282)와 TTA 도펀트(284)를 포함하는 제 3 층(280)으로 구성되기 때문에, 근거리 에너지 전달에 의한 발광효율 저하 문제가 최소화된다.
- [0111] 또한, 제 2 호스트(272)에 대한 형광 도펀트(274)의 중량비가 제 1 호스트(262)에 대한 TADF 도펀트(264)의 중량비 및 제 3 호스트(282)에 대한 TTA 도펀트(284)의 중량비보다 작은 값을 갖는다. 이 경우, TADF 도펀트(264)의 삼중항 여기자와 TTA 도펀트(284)의 삼중항 여기자로부터 형광 도펀트(274)의 삼중항 여기자로의 에너지 전달(DRET)이 더욱 최소화되거나 방지된다.
- [0112] 한편, 유기발광다이오드(D)에서 발광물질층(230) 내 제 1 및 제 3 층(260, 280)의 위치 관계는 유기발광다이오드(D)의 발광효율에 큰 관계를 갖는다.
- [0113] 도 5는 TTA 소자와 TADF 소자를 포함하는 유기발광다이오드에서 전류 밀도에 따른 외부양자효율을 보여주는 그래프이다. 여기서, TTA 소자는 TTA 발광물질을 포함하는 단일 발광물질층을 포함하는 유기발광다이오드이고, TADF 소자는 TADF 발광물질을 포함하는 단일 발광물질층을 포함하는 유기발광다이오드이다.
- [0114] 도 5에 도시된 바와 같이, TADF 소자는 저 전류밀도 구간(A)에서 높은 외부양자효율을 가지나 고 전류밀도 구간(B)에서 외부양자효율이 크게 저하되는 현상("roll-off" 현상)이 크게 발생한다. 반면, TTA 소자는 저 전류밀도 구간(A)에서의 외부양자효율이 TADF 소자보다 낮은 반면, 고 전류밀도 구간(B)에서는 작은 롤-오프 현상을 보인다.
- [0115] 즉, TADF 소자는 저 전류밀도 구간(A)에서의 효율이 상대적으로 높고, TTA 소자는 고 전류밀도 구간(B)에서의 효율이 상대적으로 높다.
- [0116] 따라서, 본 발명에서는, 유기발광다이오드 내에서 정공 이동도(hole mobility)와 전자 이동도(electron mobility)의 관계에 따라 발광 물질층의 제 1 및 제 3 층의 위치 관계를 조절하여, 유기발광다이오드의 발광 효율을 더 향상시킨다.
- [0118] 도 6은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유기발광다이오드의 개략적인 단면도이다.
- [0119] 도 6에 도시된 바와 같이, 유기발광다이오드(D)는, 양극(anode)인 제 1 전극(160)과, 제 1 전극(160)과 마주하는 음극(cathode)인 제 2 전극(164)과, 제 1 및 제 2 전극(162, 164) 사이에 위치하는 유기 발광층(162)을 포함하며, 유기 발광층(162)은 TADF 도펀트(264)를 포함하는 제 1 층(260)과, 제 1 층(260)과 제 2 전극(164) 사이에 위치하며 형광 도펀트(274)를 포함하는 제 2 층(270)과, 제 2 층(270)과 제 2 전극(164) 사이에 위치하며 TTA 도펀트(284)를 포함하는 제 3 층(280)을 포함한다.

- [0120] 즉, 유기 발광층(162)의 제 1 내지 제 3 층(260, 270, 280)은 제 1 전극(162) 상부로 순차 적층되어 삼중층 구조를 이룬다.
- [0121] 유기 발광층(162)은, 제 1 전극(160)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 정공 수송층(210), 정공 수송층(210)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 전자 차단층(220), 제 2 전극(164)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 전자 수송층(250), 전자 수송층(250)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 정공 차단층(240)을 더 포함할 수 있다.
- [0122] 이때, 유기발광다이오드(D)에서 전자 이동도가 정공 이동도보다 크다. 즉, 유기발광다이오드(D)에서는, 음극인 제 2 전극(164)으로부터의 전자가 양극인 제 1 전극(160)으로부터의 정공보다 빨리 전달되며, 정공과 전자의 재결합 영역(recombination zone)은 유기 발광층(162)에서 제 1 전극(160) 측에 위치한다.
- [0123] 다시 말해, 저 전류밀도 구간에서, 정공과 전자의 재결합은 제 1 전극(160)에 가까운 제 1 층(260)에서 일어나고, 저 전류밀도 구간에서 TADF 도펀트(264)를 포함하는 제 1 층(260)에서 여기자가 생성되어 형광 도펀트(274)를 포함하는 제 2 층(270)으로 전달된다.
- [0124] 한편, 전압이 증가하여 고 전류밀도 구간이 되면, 정공과 전자의 재결합은 제 2 전극(164)에 가까운 제 3 층(280)에서 일어나고, 고 전류밀도 구간에서 TTA 도펀트(284)를 포함하는 제 3 층(280)에서 여기자가 생성되어 형광 도펀트(274)를 포함하는 제 2 층(270)으로 전달된다.
- [0125] 전술한 바와 같이, TADF 도펀트(264)는 저 전류밀도 구간에서 상대적으로 높은 효율을 갖고 TTA 도펀트(284)는 고 전류밀도 구간에서 상대적으로 높은 효율을 가지며, 본 발명에서는 저 전류밀도 구간과 고 전류밀도 구간 각각에서 TADF 도펀트(264)와 TTA 도펀트(284)가 이용되기 때문에 유기발광다이오드(D)의 효율을 극대화시킬 수 있다.
- [0127] 도 7은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 유기발광다이오드의 개략적인 단면도이다.
- [0128] 도 7에 도시된 바와 같이, 유기발광다이오드(D)는, 양극인 제 1 전극(160)과, 제 1 전극(160)과 마주하는 음극인 제 2 전극(164)과, 제 1 및 제 2 전극(162, 164) 사이에 위치하는 유기 발광층(162)을 포함하며, 유기 발광층(162)은 TADF 도펀트(264)를 포함하는 제 1 층(260)과, 제 1 층(260)과 제 1 전극(160) 사이에 위치하며 형광 도펀트(274)를 포함하는 제 2 층(270)과, 제 2 층(270)과 제 1 전극(160) 사이에 위치하며 TTA 도펀트(284)를 포함하는 제 3 층(280)을 포함한다.
- [0129] 즉, 유기 발광층(162)의 제 3 층(280), 제 2 층(270), 제 1 층(260)은 제 1 전극(160) 상부로 순차 적층되어 삼중층 구조를 이룬다.
- [0130] 유기 발광층(162)은, 제 1 전극(160)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 정공 수송층(210), 정공 수송층(210)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 전자 차단층(220), 제 2 전극(164)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 전자 수송층(250), 전자 수송층(250)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 정공 차단층(240)을 더 포함할 수 있다.
- [0131] 이때, 유기발광다이오드(D)에서 정공 이동도가 전자 이동도보다 크다. 즉, 유기발광다이오드(D)에서는, 양극인 제 1 전극(160)으로부터의 정공이 음극인 제 2 전극(164)으로부터의 전자보다 빨리 전달되며, 정공과 전자의 재결합 영역(recombination zone)은 유기 발광층(162)에서 제 2 전극(164) 측에 위치한다.
- [0132] 다시 말해, 저 전류밀도 구간에서, 정공과 전자의 재결합은 제 2 전극(164)에 가까운 제 1 층(260)에서 일어나고, 저 전류밀도 구간에서 TADF 도펀트(264)를 포함하는 제 1 층(260)에서 여기자가 생성되어 형광 도펀트(274)를 포함하는 제 2 층(270)으로 전달된다.
- [0133] 한편, 전압이 증가하여 고 전류밀도 구간이 되면, 정공과 전자의 재결합은 제 1 전극(160)에 가까운 제 3 층(280)에서 일어나고, 고 전류밀도 구간에서 TTA 도펀트(284)를 포함하는 제 3 층(280)에서 여기자가 생성되어 형광 도펀트(274)를 포함하는 제 2 층(270)으로 전달된다.
- [0134] 전술한 바와 같이, TADF 도펀트(264)는 저 전류밀도 구간에서 상대적으로 높은 효율을 갖고 TTA 도펀트(284)는 고 전류밀도 구간에서 상대적으로 높은 효율을 가지며, 본 발명에서는 저 전류밀도 구간과 고 전류밀도 구간 각각에서 TADF 도펀트(264)와 TTA 도펀트(284)가 이용되기 때문에 유기발광다이오드(D)의 효율을 극대화시킬 수

있다.

[0136] [유기발광다이오드]

[0137] 양극(ITO, 50nm), 정공 주입층(화학식1-1, 10nm), 정공 수송층(화학식1-2, 75nm), 전자 저지층(화학식1-3, 15nm), 발광 물질층, 정공 저지층(화학식1-4, 10nm), 전자 수송층(화학식1-5, 25nm), 전자 주입층(LiF), 음극(Al)을 적층하여 유기발광다이오드를 제작하였다.

[0138] (1) 비교예1 (단일 TTA 소자)

[0139] 발광 물질층(35nm)으로 하기 화학식1-6 화합물(형광 도펀트, 3wt%)과 하기 화학식1-7 화합물(TTA-호스트, 97wt%)을 이용하였다.

[0140] (2) 비교예2 (단일 TADF 소자)

[0141] 발광 물질층(35nm)으로 하기 화학식1-8 화합물(TADF 도펀트, 30wt%)과 하기 화학식1-9 화합물(호스트, 70wt%)을 이용하였다.

[0142] (3) 비교예3 (이중 TTA 소자)

[0143] 화학식1-7 화합물(TTA-도펀트, 30wt%) 및 화학식1-9 화합물(호스트, 70wt%)의 제 1 층(10nm), 화학식1-6 화합물(형광 도펀트, 1wt%) 및 화학식1-9 화합물(호스트, 99wt%)의 제 1 층(5nm), 화학식1-7 화합물(TTA-도펀트, 30wt%) 및 화학식1-9 화합물(호스트, 70wt%)의 제 3 층(20nm)을 순차 증착하여 발광 물질층을 형성하였다.

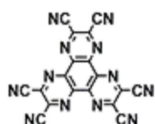
[0144] (4) 비교예4 (이중 TADF 소자)

[0145] 화학식1-8 화합물(TADF 도펀트, 30wt%) 및 화학식1-9 화합물(호스트, 70wt%)의 제 1 층(10nm), 화학식1-6 화합물(형광 도펀트, 1wt%) 및 화학식1-9 화합물(호스트, 99wt%)의 제 1 층(5nm), 화학식1-8 화합물(TADF 도펀트, 30wt%) 및 화학식1-9 화합물(호스트, 70wt%)의 제 3 층(20nm)을 순차 증착하여 발광 물질층을 형성하였다.

[0146] (5) 실험예 (TTADF 소자)

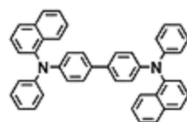
[0147] 화학식1-8 화합물(TADF 도펀트, 30wt%) 및 화학식1-9 화합물(호스트, 70wt%)의 제 1 층(10nm), 화학식1-6 화합물(형광 도펀트, 1wt%) 및 화학식1-9 화합물(호스트, 99wt%)의 제 1 층(5nm), 화학식1-7 화합물(TTA-도펀트, 30wt%) 및 화학식1-9 화합물(호스트, 70wt%)의 제 3 층(20nm)을 순차 증착하여 발광 물질층을 형성하였다.

[0148] [화학식1-1]



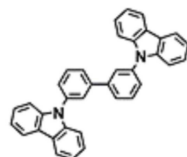
[0149]

[0150] [화학식1-2]



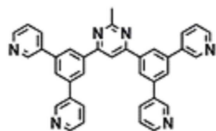
[0151]

[0152] [화학식1-3]



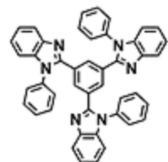
[0153]

[0154] [화학식1-4]



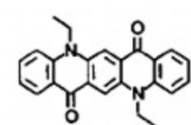
[0155]

[0156] [화학식1-5]



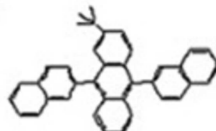
[0157]

[0158] [화학식1-6]



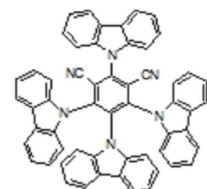
[0159]

[0160] [화학식1-7]



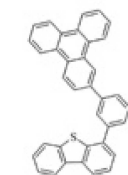
[0161]

[0162] [화학식1-8]



[0163]

[0164] [화학식1-9]



[0165]

[0166] 비교예1 내지 비교예4와 실험예의 유기발광다이오드의 특성(전압, 발광 효율(cd/A), 외부양자효율(EQE), 최대발광파장(λ_{max}), 색좌표)을 측정하여 아래 표1에 기재하였다. 또한, 비교예1(TTA), 비교예2(TADF), 실험예(TTADF)의 유기발광다이오드의 전류밀도에 따른 외부양자효율을 보여주는 그래프를 도 8에 도시하고, 비교예2(TADF), 실험예(TTADF)의 유기발광다이오드의 발광스펙트럼을 보여주는 그래프를 도 9에 도시하였다.

[0167] [표1]

	Voltage [V]	cd/A	EQE [%]	$\lambda_{\max}$ [nm]	CIE _x	CIE _y
비교예1	4.4	33.1	11.7	524	0.24	0.71
비교예2	4.3	43.9	14.5	532	0.34	0.59
비교예3	4.6	28.5	9.4	524	0.25	0.70
비교예4	4.4	43.1	14.1	524	0.28	0.68
실험예	4.3	56.1	16.4	524	0.28	0.68

[0168]

[0169] 표1, 도 8, 도 9에서 보여지는 바와 같이, 본 발명에서와 같이 발광 물질층이 TADF 도펀트를 포함하는 제 1 층, 형광 도펀트를 포함하는 제 2 층, TTA 도펀트를 포함하는 제 3 층 구조를 갖는 경우, 유기발광다이오드의 발광 효율과 색 순도가 향상된다.

[0171] 도 10은 본 발명의 제 4 실시예에 따른 유기발광다이오드의 발광 물질층 구조를 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

[0172] 도 2와 함께 도 10을 참조하면, 유기발광다이오드(D)는, 서로 마주하는 제 1 및 제 2 전극(160, 164)과 제 1 및 제 2 전극(162, 164) 사이에 위치하는 유기 발광층(162)을 포함하며, 유기 발광층(162)은 발광 물질층(230)을 포함한다.

[0173] 또한, 유기 발광층(162)은 제 1 전극(160)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 정공 수송층(210), 정공 수송층(210)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 전자 차단층(220), 제 2 전극(164)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 전자 수송층(250), 전자 수송층(250)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 정공 차단층(240)을 더 포함할 수 있다.

[0174] 발광 물질층(230)은 제 1 호스트(262)와 TADF 도펀트(264)를 포함하는 제 1 층(260)과, 제 2 호스트(272)와 제 1 형광 도펀트(274)를 포함하는 제 2 층(270)과, 제 3 호스트(282)와 TTA 도펀트(284)를 포함하는 제 3 층(280)과, 제 4 호스트(292)와 제 2 형광 도펀트(294)를 포함하는 제 4 층(290)을 포함한다. 제 1 내지 제 4 호스트(262, 272, 282, 292)는 서로 같거나 상이할 수 있다.

[0175] 즉, 발광 물질층(230)은 제 1 내지 제 4 층(260, 270, 280, 290)의 삼중층 구조를 갖는다.

[0176] 제 4 층(290)에서, 제 4 호스트(292)의 단일항 에너지는 제 2 형광 도펀트(274)의 단일항 에너지보다 크다.

[0177] 또한, 제 1 내지 제 4 층(260, 270, 280, 290)에 있어서, TADF 도펀트(264)의 단일항 에너지와 TTA 도펀트(284)의 단일항 에너지는 제 1 및 제 2 형광 도펀트(274, 294)의 단일항 에너지보다 크다.

[0178] 제 1 및 제 2 형광 도펀트(274, 294)는 서로 같거나 다른 파장의 빛을 발광한다. 예를 들어, 제 1 형광 도펀트(274)는 청색 도펀트이고, 제 2 형광 도펀트(294)는 옐로우 도펀트일 수 있다.

[0179] 도 4를 참조하면, 저 전류밀도 구간에서, 제 1 층(260)의 호스트(262)에서 생성된 단일항 여기자와 삼중항 여기자는 TADF 도펀트(264)의 단일항 여기자와 삼중항 여기자로 전달되고, TADF 도펀트(264)의 삼중항 여기자는 역계간전이(RISC) 효과에 의해 TADF 도펀트(264)의 단일항 여기자로 전환된다. 이후, TADF 도펀트(264)의 삼중항 여기자는 장거리 에너지 전달(FRET) 효과에 의해 제 2 층(270) 내 제 1 형광 도펀트(274)의 단일항 여기자로 전달되고 형광 도펀트(274)에서 발광이 일어난다.

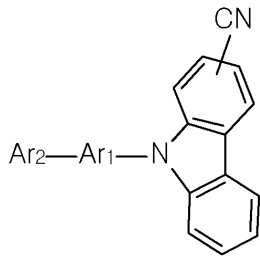
[0180] 고 전류밀도 구간에서, 제 3 층(280)의 호스트(282)에서 생성된 단일항 여기자와 삼중항 여기자는 TTA 도펀트(284)의 단일항 여기자와 삼중항 여기자로 전달되고, TTA 도펀트(284)의 삼중항 여기자는 역계간전이(RISC) 효과에 의해 TTA 도펀트(284)의 단일항 여기자로 전환된다.

[0181] 이후, TTA 도펀트(284)의 삼중항 여기자는 장거리 에너지 전달(FRET) 효과에 의해 제 2 층(270) 내 제 1 형광 도펀트(274)와 제 4 층(290) 내 제 2 형광 도펀트(294)의 단일항 여기자로 전달되고 제 1 및 제 2 형광 도펀트

(274, 294)에서 발광이 일어난다.

- [0182] 제 1 및 제 2 형광 도펀트(274, 294)가 각각 청색 및 옐로우 발광을 하는 경우, 유기발광다이오드(D)는 백색 유기발광다이오드(W-OLED)일 수 있다. 이 경우, 유기발광 표시장치(도 1의 100)은 기관(도 1의 110)과 유기발광다이오드(D) 사이에 위치하거나 유기발광다이오드(D)를 덮는 컬러필터를 더 포함할 수 있다.
- [0183] 도 10에서, 제 4 층(290)은 제 3 층(280)이 제 2 층(270)과 제 4 층(290) 사이에 위치하도록 제 3 층(280)의 외측에 위치하고 있다. 이와 달리, 제 4 층(290)은 제 1 층(260)이 제 2 층(270)과 제 4 층(290) 사이에 위치하도록 제 1 층(260)의 외측에 위치할 수도 있다.
- [0184] 또한, 제 5 호스트와 제 3 형광 도펀트를 포함하는 제 5 층이 제 1 층(260)의 외측에 더 형성되어 발광 물질층(230)은 오중층 구조를 가질 수도 있다. 이때, 제 1 형광 도펀트(272), 제 2 형광 도펀트(292) 및 제 3 형광 도펀트는 서로 같거나 상이한 발광 파장을 가질 수 있다. 예를 들어, 제 1 형광 도펀트(272), 제 2 형광 도펀트(292) 및 제 3 형광 도펀트 중 하나는 적색을 발광하고 다른 하나는 녹색을 발광하며 나머지 하나는 청색을 발광하여 W-OLED가 제공될 수 있다.
- [0186] 도 11은 본 발명의 제 5 실시예에 따른 유기발광다이오드의 발광 물질층 구조를 설명하기 위한 개략적인 도면이다.
- [0187] 도 2와 함께 도 11을 참조하면, 유기발광다이오드(D)는, 서로 마주하는 제 1 및 제 2 전극(160, 164)과 제 1 및 제 2 전극(162, 164) 사이에 위치하는 유기 발광층(162)을 포함하며, 유기 발광층(162)은 발광 물질층(230)을 포함한다.
- [0188] 또한, 유기 발광층(162)은 제 1 전극(160)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 정공 수송층(210), 정공 수송층(210)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 전자 차단층(220), 제 2 전극(164)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 전자 수송층(250), 전자 수송층(250)과 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 정공 차단층(240)을 더 포함할 수 있다.
- [0189] 발광 물질층(230)은 제 1 호스트(262)와 TADF 도펀트(264)를 포함하는 제 1 층(260)과, 제 2 호스트(272)와 제 1 형광 도펀트(274)를 포함하는 제 2 층(270)과, 제 3 호스트(282)와 TTA 도펀트(284)를 포함하는 제 3 층(280)과, 제 1 및 제 2 층(260, 270) 사이에 위치하는 제 1 에너지 조절층(312)과, 제 2 및 제 3 층(270, 280) 사이에 위치하는 제 2 에너지 조절층(314)을 포함한다.
- [0190] 본 발명의 제 5 실시예에 따른 유기발광다이오드의 발광 물질층(230)에서는, TADF 도펀트(264)의 삼중항 에너지(삼중항 여기자)와 TTA 도펀트(284)의 삼중항 에너지가 형광 도펀트(274)의 삼중항 에너지로 전달(DRET)되는 막기 위해, 제 1 및 제 2 에너지 조절층(312, 314) 각각이 제 1 및 제 2 층(260, 270) 사이와 제 2 및 제 3 층(270, 280) 사이에 형성된다.
- [0191] 제 1 에너지 조절층(312)의 삼중항 에너지는 TADF 도펀트(264)의 삼중항 에너지보다 크고, 제 2 에너지 조절층(314)의 삼중항 에너지는 TTA 도펀트(284)의 삼중항 에너지보다 크다.
- [0192] 이 경우, 제 2 호스트(272)에 대한 형광 도펀트(274)의 중량비는 제 1 호스트(262)에 대한 TADF 도펀트(264)의 중량비 및 제 3 호스트(282)에 대한 TTA 도펀트(284)의 중량비보다 작은 조건을 요하지 않을 수 있다. 즉, 제 2 호스트(272)에 대한 형광 도펀트(274)의 중량비는 제 1 호스트(262)에 대한 TADF 도펀트(264)의 중량비 및 제 3 호스트(282)에 대한 TTA 도펀트(284)의 중량비와 같거나 이보다 클 수도 있다.
- [0193] 제 1 및 제 2 에너지 조절층(312, 314) 각각은 하기 화학식2로 표시되는 에너지 조절 화합물로 이루어질 수 있다.

[0194] [화학식2]

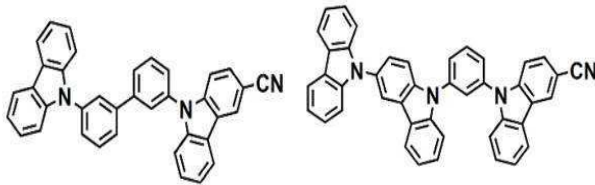


[0195]

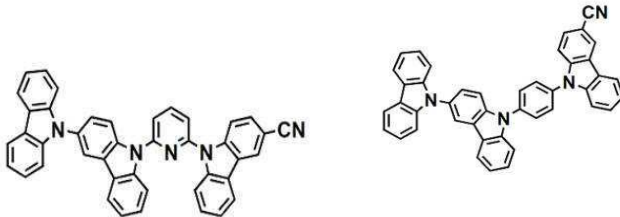
[0196] 화학식2에서, Ar₁은 C6~C30의 아릴 또는 헤테로아릴일 수 있고, Ar₂는 카바졸(carbazole) 또는 바이카바졸(bicarbazole)일 수 있다.

[0197] 예를 들어, 제 1 및 제 2 에너지 조절층(312, 314) 각각은 하기 화학식3의 화합물 중 어느 하나일 수 있다.

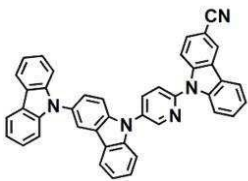
[0198] [화학식3]



[0199]



[0200]



[0201]

[0202] 제 1 및 제 2 에너지 조절층(312, 314)을 포함하는 발광 물질층(230)에서는, TADF 도펀트(264)의 삼중항 에너지와 TTA 도펀트(284)의 삼중항 에너지에서 형광 도펀트(274)의 삼중항 에너지로의 에너지 전달이 방지되어, 발광 다이오드(D)의 발광 효율이 향상된다.

[0204] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 통상의 기술자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

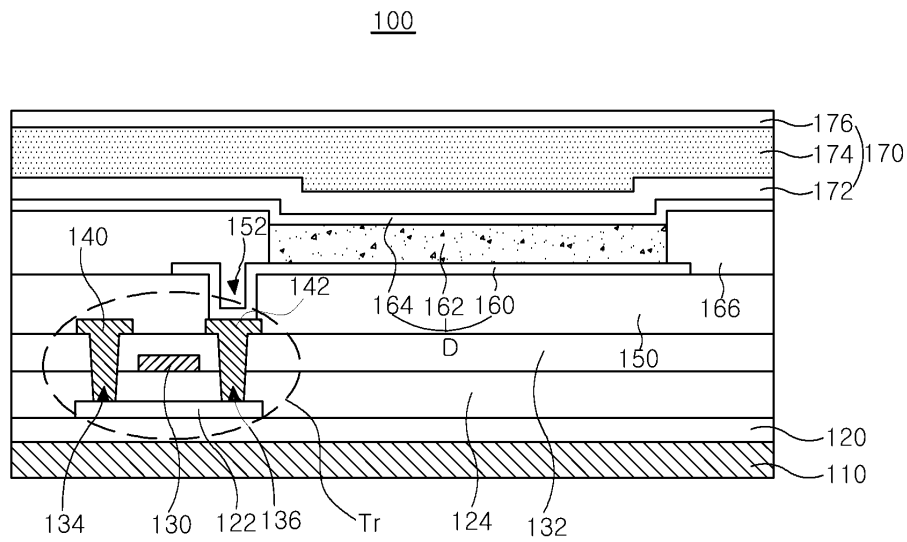
[0206] 100: 유기발광 표시장치 D: 유기발광다이오드

160: 제 1 전극 162: 유기발광층

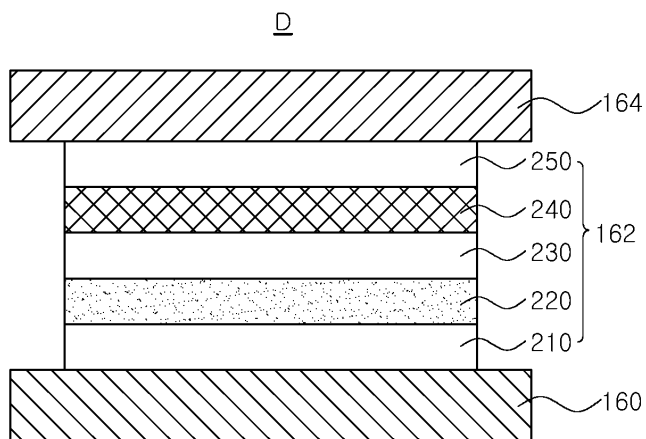
164: 제 2 전극 230: 발광 물질층
 260: 제 1 층 262, 272, 282, 292: 호스트
 264: TADF 도펀트 270: 제 2 층
 274, 294: 형광 도펀트 280: 제 3 층
 284: TTA 도펀트 290: 제 4 층
 312, 314: 에너지 조절층

도면

도면1

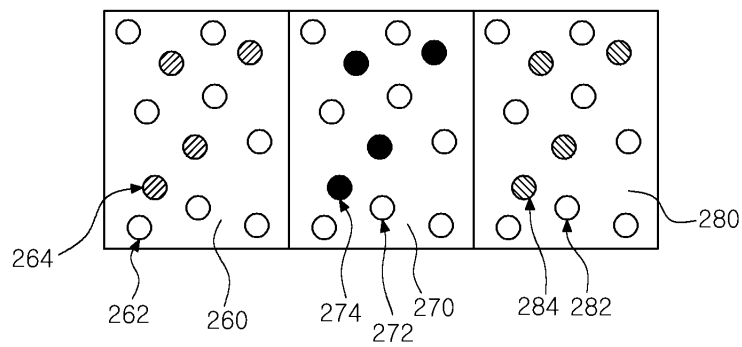


도면2

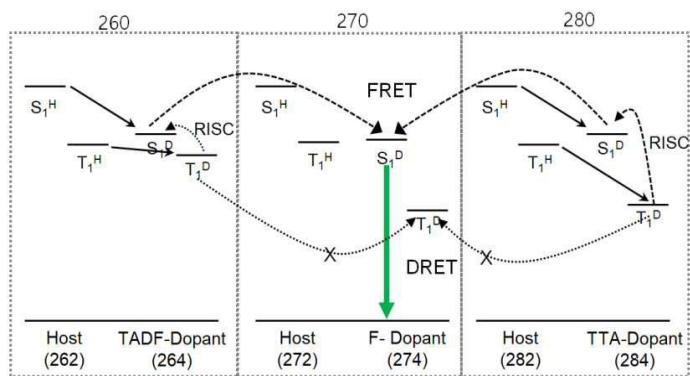


도면3

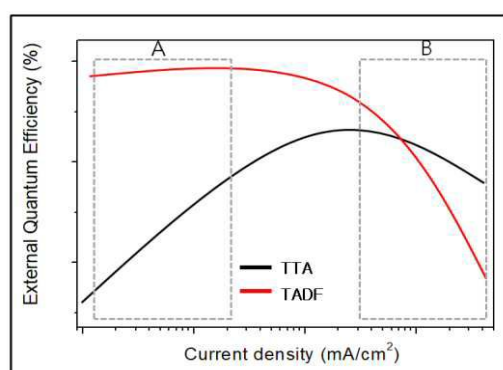
230



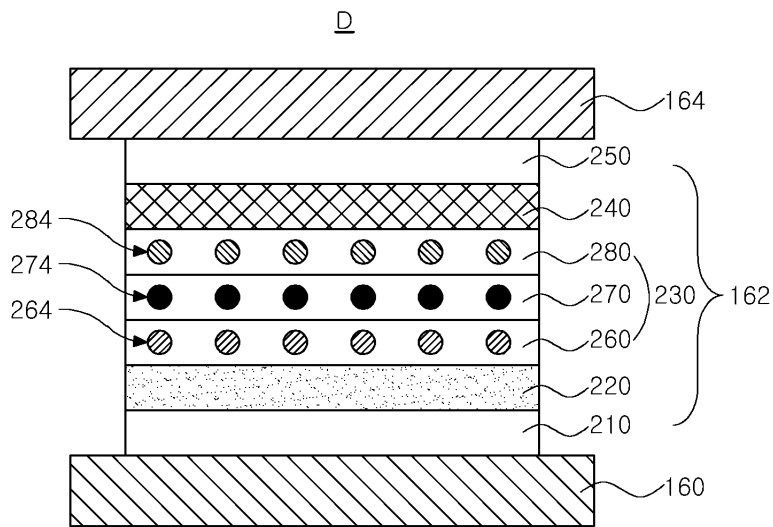
도면4



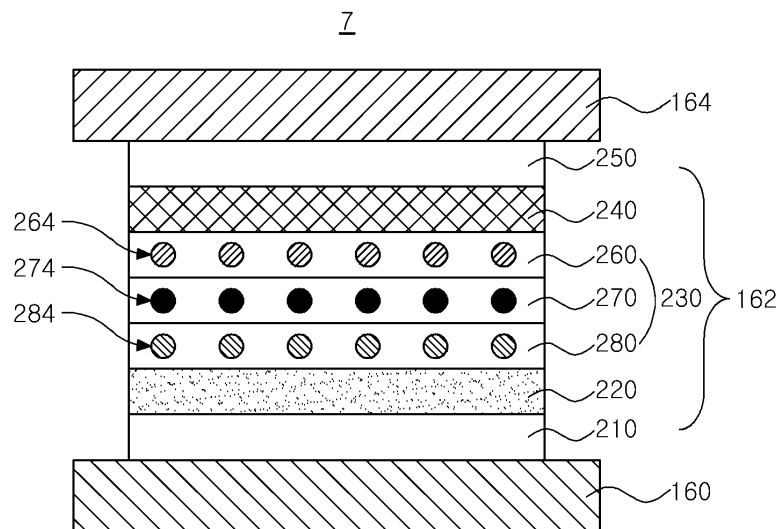
도면5



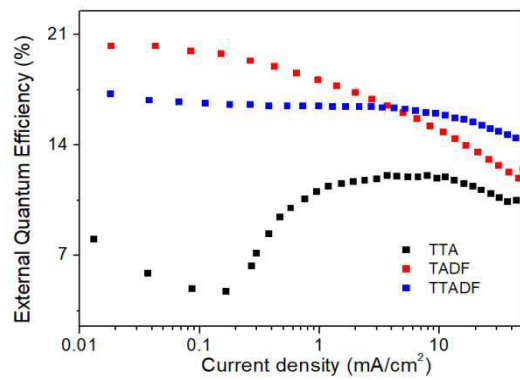
도면6



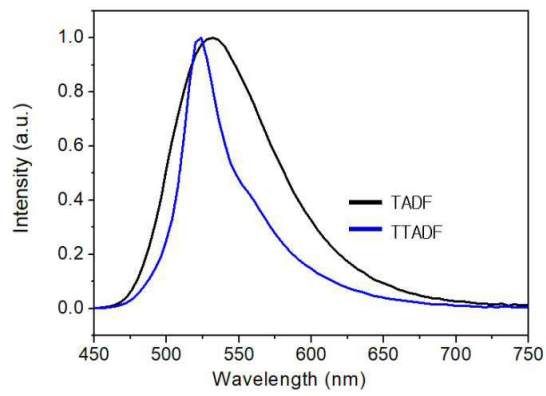
도면7



도면8

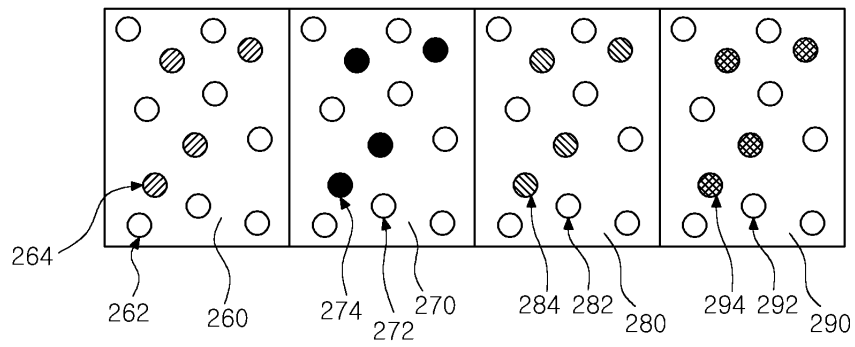


도면9



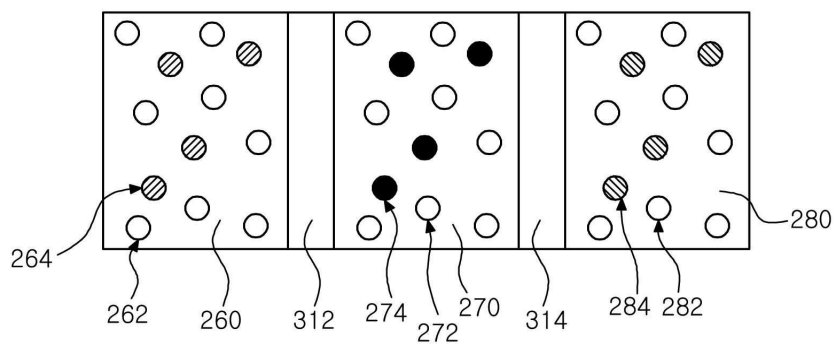
도면10

230



도면11

230



专利名称(译)	有机发光二极管和包括其的有机发光显示器		
公开(公告)号	KR1020190071971A	公开(公告)日	2019-06-25
申请号	KR1020170172941	申请日	2017-12-15
[标]申请(专利权)人(译)	乐金显示有限公司		
申请(专利权)人(译)	LG显示器有限公司		
[标]发明人	최형중 홍태량		
发明人	최형중 홍태량		
IPC分类号	H01L51/50 C07D209/86 H01L27/32 H01L51/00 H01L51/52		
CPC分类号	H01L51/5024 C07D209/86 H01L27/322 H01L27/3262 H01L51/0072 H01L51/5048 H01L51/5203		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明提供一种发光材料层，其包括第一层至第三层。阳极位于发光材料层的一侧；阴极，位于发光材料层的另一侧并面对阳极，其中第一层包含TADF掺杂剂，第二层包含第一荧光掺杂剂，第三层是TTA掺杂剂本发明提供了一种包括a的有机发光二极管和包括该有机发光二极管的有机发光显示器。

230

